

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. November 2001 (22.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/88344 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01L 1/34**, 1/344, 1/352

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KIRMSZE, Helmut
[DE/LI]; In der Fina 14, FL-9494 Schaan (LI).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH01/00272

(74) Anwalt: WEGMANN, Urs; Saschela, CH-9479 Ober-schan (CH).

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. April 2001 (30.04.2001)

(81) Bestimmungsstaaten (national): AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE,
SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN,
YU, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

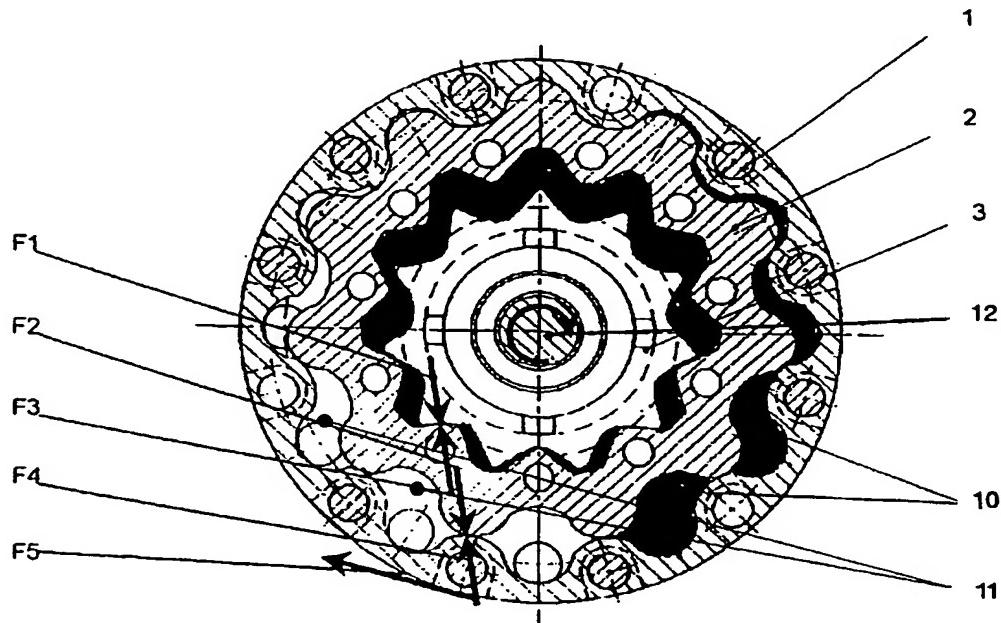
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
935/00 13. Mai 2000 (13.05.2000) CH

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ADJUSTING DEVICE FOR ADJUSTING THE RELATIVE POSITION OF A SHAFT

(54) Bezeichnung: VERSTELLVORRICHTUNG ZUM VERSTELLEN DER WINKELLAGE EINER WELLE



WO 01/88344 A1

(57) Abstract: The invention relates to an adjusting device comprising a drive for adjusting the relative position of a shaft that has an alternating load, in particular for adjusting a camshaft for internal combustion engines. Said adjusting device is provided with a self-locking mechanism to absorb the alternating loads exerted retroactively on the drive, in such a way that the adjusting device can be operated in an appropriate electromechanical manner, with the added advantage of more precise control over the management of the electromotor.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

BEST AVAILABLE COPY



TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Eine Verstellvorrichtung mit Antrieb zum Verstellen der Winkellage einer Welle mit Wechsellast, insbesondere für eine Nockenwellenverstellung für Verbrennungsmotoren, wird mit einem Hemmmechanismus versehen zur Aufnahme von auf den Antrieb rückwirkenden Wechsellasten, so dass es möglich wird, die Verstellvorrichtung elektromechanisch geeignet zu betreiben mit dem Vorteil eines noch präziseren gesteuerten Motormanagements.

-1-

Verstellvorrichtung zum Verstellen der Winkellage einer Welle

Die Erfindung betrifft eine Verstellvorrichtung mit Antrieb zum Verstellen der Winkellage einer Welle mit Wechsellast insbesondere einer Nockenwelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Das Problem der Verstellung der Phasenlage bzw. der Winkel-lage der Nockenwelle gegenüber einer Kurbelwelle wird seit der Nutzung des Verbrennungsmotors diskutiert und es werden immer wieder neue Lösungsansätze gesucht. Der Wunsch ist da-bei, möglichst einfach und schnell unter Aufwendung mög-lichst wenig Energie die Nockenwelle gegenüber der Kurbel-welle zu verdrehen. Es ist hierbei sehr wichtig, eine hohe Sicherheit der Kraftübertragung über die Verstelleinheit zu gewährleisten, da sonst erhebliche Schäden an den Ventilen oder dem gesamten Motor auftreten können. Der zunehmende Druck Kraftstoff einzusparen, die Emissionen zu verringern und trotzdem dem Kunden ein hohes Leistungsvermögen zur Ver-fügung zu stellen, erfordert immer grössere Verstellbereiche bei kontinuierlicher Verstellbarkeit, hoher Verstellge-schwindigkeit und hoher Präzision.

Ausgehend von dieser Aufgabenstellung wurden verschiedene Lösungsansätze realisiert. Eine bekannte Lösung ist bei-spielsweise das Prinzip der ineinanderlaufenden gerad- und schrägverzahnten Wellen, wie dies in der Veröffentlichung von Michael Kron und Klaus Wolf beschrieben ist unter dem Titel "Variable Steuerzeiten der neuen Mercedes-Benz Vier-ventilmotoren" (MTZ50 (1989) Seite 327ff). Ein weiterer Lö-sungsansatz wird mit der umgekehrt betriebenen Flügelzellen-pumpe in den Schriften US 5,738,056 und US 5,794,577 be-

-2-

schrieben. Eine weitere Ausführungsform mit einem speziellen Jochmechanismus ist aus der US 5,671,706 bekannt geworden. Eine weitere Verstellvorrichtung mit schräglauflgenden Kugeln wird in der GB 98/02153 erläutert. Diese bekannten Systeme werden in der Regel durch Öl betrieben, das wegen der Motorschmierung bereits im Motor vorhanden ist. Die Ausnutzung der normalen Motorölschmierung weist allerdings auch erhebliche Nachteile auf. So steigt der Ölbedarf des Motors, was durch grössere Oelpumpen ausgeglichen werden muss, was wiederum zu erhöhten Verlustleistungen insgesamt im Motor führt. Ferner steht der Druck und Volumenstrom für die Verstellung erst nach mehr oder weniger kurzer Zeit, das heisst verzögert, nach dem Kaltstart zur Verfügung und kann auch im Heissleerlauf nicht immer gewährleistet sein. Zur Abhilfe kann entweder ein separates Ölversorgungsaggregat, das wiederum zu erhöhter Verlustleistung führt, oder ein Ausblenden der Verstellung bei bestimmten Motorzuständen Verwendung finden. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die bekannten Systeme, wenn sie in einer mittleren Verstelllage gehalten werden müssen, von beiden Seiten mit gleichem, möglichst hohem Oeldruck versorgt werden müssen, um den Spitzenwerten der Wechselmomente der Nockenwelle, die durchaus 30 Nm und mehr erreichen können, stand zu halten, bzw. die Position zu halten. Wegen der inneren Leckagen der Systeme führt das zu erhöhtem Ölbedarf und zu entsprechenden Verlustleistungen, wobei zusätzlich das Ölversorgungssystem für diesen hohen Bedarf ausgelegt werden muss. Weiterhin muss beim Kaltstart eine Lock-Einrichtung Verwendung finden, damit die Systeme ohne Ölversorgung nicht hin- und herschwingen, wodurch die Ventilsteuerzeiten eine undefinierte Lage erfahren.

-3-

Ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der vorerwähnten Probleme wurde mit einer Verstellanordnung mit einem Kreiskolbenantrieb nach dem sogenannten Orbit-Prinzip erreicht, wie er in der WO 99/58821 beschrieben ist. Ein wesentlicher Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass dieser Antrieb gegenüber mechanischen Einwirkungen inhärent eine Selbsthemmung bewirkt. Der Versteller kann nur durch Oeldruckzufuhr in seiner Drehwinkellage verstellt werden, jedoch nicht durch Drehmomentaufbringung von aussen. Damit ist gewährleistet, dass hohe Drehmomentspitzen beziehungsweise Wechsellaisten der Nockenwelle nicht zu hohen Gegendrücken in den Arbeitskammern des Hydrauliksystems führen können und dass für den Normalbetrieb, also wenn keine Winkelverstellung statt findet, kein Stützdruck für die Drehmomentübertragung notwendig ist. Ein Versteller dieser Art mit Selbsthemmung kann auch bei nur geringem statischen Verstellmoment eine hohe Verstellgeschwindigkeit erreichen. Das hängt damit zusammen, dass der Versteller mit seinem relativ kleinen aufzubringenden Verstellmoment nur zu denjenigen Prozessphasen verstellt wird, in denen das Verstellmoment grösser als das momentane Wechselmoment der Nockenwelle ist. Übersteigt das momentane Nockenwellenwechselmoment das Verstellmoment des Verstellers stützt sich das System in seiner Selbsthemmung ab und fällt nicht zurück, wie Systeme ohne Selbsthemmung es tun, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. In Fig. 2 ist der Verstellwinkel w abhängig von der Zeit t für eine nicht selbsthemmende Anordnung dargestellt. In Fig. 3 ist ebenfalls der Verstellwinkel w der Kurbelwelle [${}^{\circ}\text{KW}$] abhängig von der Zeit t für ein selbsthemmendes System dargestellt. Im Bereich A ist das Moment der Nockenwelle kleiner als dasjenige des Verstellers, wobei im Bereich B das Moment der Nockenwelle grösser ist als dasjenige des Verstellers. Für eine Verstellung ist allerdings weiterhin Oeldruck erforderlich. Auch

-4-

dieses System bedarf zur Verstellung eines Oelvolumenstroms, der durch die Zuleitungen und Steuerventile geleitet werden muss. Die Verstellzeit ist also nicht nur durch das aufgebrachte Verstellmoment, sondern auch durch die Dauer bzw. die Zeitkonstante, den Oelvolumenstrom durch das System zu fördern, begrenzt. Ferner steht gerade im Kaltstart oder Heissleerlauf jedoch generell wenig Oel zur Verfügung und dieses Oel muss unbedingt zur Schmierung der hochempfindlichen Lager zur Verfügung stehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, eine einfach und wirtschaftlich herstellbare Verstellanordnung zu schaffen, welche auch bei niederen Drehzahlen des Verbrennungsmotors zuverlässig und präzise arbeitet und zusätzlich ermöglicht, die Antriebsleistung weiterhin zu verringern und somit Energie zu sparen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen beinhalten die abhängigen Patentansprüche.

Erfindungsgemäss wird eine Verstellvorrichtung, welche mit einer in gegen die Drehrichtung wirkenden Hemmvorrichtung versehen ist, mit einem elektromechanischen Antrieb versehen. Mit diesem Antrieb kann elektrisch über eine Steuervorrichtung der Verdrehwinkel jederzeit präzise und rasch eingestellt werden. Die Hemmvorrichtung ist beispielsweise eine gesteuerte Hemmeinrichtung, welche immer dann gesteuert aktiv wird, wenn das Wellenmoment, das gegen die jeweilige Antriebsdrehrichtung wirkt, das Antriebsmoment des Verstellantriebes überschreitet.

Diese Hemmvorrichtung kann beispielsweise hydraulisch betrieben sein, wie bei einem ventilgesteuerten Flügelzellenantrieb oder eine elektromechanisch gesteuerte Hemmanordnung. Vorzugsweise ist die elektromechanische Anordnung als elektromagnetische Hemmvorrichtung ausgebildet, welche sich besonders gut elektrisch über ein Steuersystem betreiben lässt. Kombinationen hydraulisch / elektrisch sind ebenfalls möglich.

Noch effektiver arbeiten erfindungsgemäß elektrisch betriebene, selbsthemmende Verstellvorrichtungen. Auch hier kann die selbsthemmende Vorrichtung hydraulisch oder mechanisch ausgebildet sein. Die selbsthemmenden Anordnungen sind besonders einfach zu realisieren und weisen einen guten Wirkungsgrad auf. Vorzugsweise werden selbsthemmende, mechanische Übertragungs- beziehungsweise Getriebeanordnungen wie Freilaufgetriebe verwendet.

Als besonders vorteilhaft hat sich hierbei der Kreiskolbenversteller nach dem Orbit-Prinzip kombiniert mit einem elektromechanischen Antrieb erwiesen, mit welchem elektromotorisch ganz oder teilweise nach Bedarf oder unterstützend der Kreiskolben betrieben werden kann. Die elektromechanische Verstellung der Phasenlage birgt zudem den erheblichen Vorteil, dass das Oelsteuerventil zur Steuerung der hydraulischen Verstellsysteme entfallen kann und direkt ein Leistungsverstärkerausgang des Motormanagementsystems zur Betätigung der Verstellung genutzt werden kann. Dieses Konzept gestattet die Verstellung der Nockenwelle gegenüber der Kurzelwelle mit sehr hoher Geschwindigkeit bei geringem einzubringendem Antriebsdrehmoment. Eine Verstellung mit einem Elektromotorantrieb benötigt deshalb nur ein sehr geringes

-6-

Drehmoment, beispielsweise unter 2Nm, vorzugsweise unter 0,5 Nm. Der Elektromotor betreibt hierbei direkt oder indirekt über ein Getriebe den Rotor des Verstellers. Es sind somit Elektromotoren einsetzbar mit Antriebsleistungen unter 500 Watt oder sogar unter 200 Watt. Bei noch weiter optimierter, bevorzugter Anordnung sind sehr kleine Motoren möglich mit Antriebsleistungen unter 20 Watt. Der gesamte Kreiskolbenversteller mit Elektromotorantrieb ist beispielsweise in Öl dicht gekapselt und wird einfach durch Einspeisen eines elektrischen Stromes für den Betrieb des Elektromotorantriebes angesteuert. Die Einspeisung erfolgt jeweils nur solange, wie verstellt werden soll. Die Anordnung kann außerdem sehr klein gebaut werden und direkt innerhalb des Kettenrades an der Nockenwelle untergebracht werden.

Dank der selbsthemmenden Verstellvorrichtung muss der Elektromotor nur sehr geringe Momente aufbringen. Der Verstellmechanismus nach dem Kreiskolbenprinzip wird folglich nur zur mechanischen Selbsthemmung genutzt. Obwohl auch andere selbsthemmende Verstelleinrichtungen für die erfinderische Anordnung eingesetzt werden können, ist die Verwendung der Kreiskolbenanordnung nach dem Orbit-Prinzip besonders geeignet. Die eigentliche Verstellung erfolgt erfindungsgemäß nicht mehr durch den Öl-hydraulischen Antrieb, sondern durch den elektrischen Antrieb. Es ist jedoch auch vorteilhafterweise möglich, die Anordnung als Hybridantrieb kombiniert aus Elektroantrieb und Öl-hydraulischem Antrieb zu nutzen, was den Vorteil hat, dass bei Verbrennungsmotoren die ohnehin vorhandene Öl-hydraulische Versorgung genutzt werden kann und gleichzeitig diese aber minimiert dimensioniert werden kann, was entsprechend Energieeinsparungen bewirkt. Ein elektromechanischer Antrieb eines Verstellers würde bei Verstellanordnungen ohne Hemmeinrichtung und

-7-

insbesondere ohne Selbsthemmeinrichtung dazu führen, dass dieser gegen die auftretenden Momenspitzen angehen müsste und die Leistung permanent gebracht werden müsste, was zur Folge hat, dass der elektrische Antrieb sehr leistungsstark dimensioniert werden müsste, was mit kleinen preiswerten Anlagen nicht zu erzielen wäre und aus energetischer Hinsicht unrealistisch wäre.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Verstellanordnung besteht in der regelungstechnisch sehr einfach beherrschbaren Verstellcharakteristik. Durch die Selbsthemmung genügt es, sofort nach Erreichen des gewünschten Verstellwinkels den Verstellstrom abzuschalten. Das Nockenwellenmoment überschreitet damit zu jeder Zeit das Verstellmoment oder hat nahezu den Wert null, so dass das System in diesem Arbeitspunkt immer in der Selbsthemmung bleibt. Auch die Ansteuerung des Motores bedarf keiner zusätzlichen aufwendigen Steuerlogik, da der Motor innerhalb kürzester Zeit nach Abschalten des Versorgungsstromes kein Moment mehr abgibt. Auf diese Weise kann mit geringer Betriebsleistung des Elektromotors gearbeitet werden.

Die Erfindung wird nun beispielsweise mit schematischen Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 im Schnitt ein Kreiskolbennockenwellenversteller nach dem Orbit-Prinzip gemäss Stand der Technik

Fig. 2 eine Darstellung des Verstellwinkels w in Grad der Kurbelwelle [$^{\circ}$ KW] über der Zeit t für einen Nockenwellenversteller ohne Selbsthemmung

-8-

Fig. 3 eine Darstellung des Verstellwinkels ω über der Zeit t für einen Nockenwellenversteller mit Hemmvorrichtung

Fig. 4 eine Darstellung des statischen Verstellmoments M über dem Oeldruck p [bar] für einen Versteller nach Stand der Technik nach dem Prinzip der schrägverzahnten Welle Z im Vergleich zum erfindungsgemässen Prinzip des Orbit-Motors O

Fig. 5 eine Darstellung der Verstellgeschwindigkeit v [$^{\circ}$ KW/s] über dem Oeldruck p nach dem Stand der Technik der schrägverzahnten Welle Z und nach dem erfindungsgemässen Prinzip des Orbit-Motors O

Fig. 6 im Schnitt eine erfindungsgemäss Verstellvorrichtung mit Kreiskolbenverstellanordnung und elektromotorischem Antrieb

Fig. 7 dreidimensionale Ansicht der Anordnung nach Fig. 6

Verstellvorrichtungen zum Verstellen der Winkel Lage einer Welle gegenüber der Haubtantriebsphasenlage sind schwierig zu beherrschen, wenn Wechsel lasten an der Welle auftreten, wie sie insbesondere bei Nockenwellen von Verbrennungsmotoren auftreten. Bei solchen Anwendungen ist es nicht notwendig, die Winkelverstellung ohne Unterbruch kontinuierlich vorzunehmen. Viel mehr genügt es, diese Verstellung in kurzen Schritten vornehmen zu können, welche gegenüber dem zu steuernden Prozess, wie der Verbrennung des Motors, eine genügend präzise Steuerung schrittweise ermöglichen. Erfindungsgemäss wird deshalb die Verstellvorrichtung so ausgebildet, dass diese nur wirksam im Eingriff steht, wenn das

-9-

Verstellmoment nicht im Bereich der Belastungsspitze liegt. Dies kann dadurch erreicht werden, dass im Bereich der Belastungsspitzen in der Verstellvorrichtung ein Hemmmechanismus eingreift, welcher verhindert, dass die Verstellvorrichtung durch das erzeugte, gegenwirkende Moment der Belastungsspitze auf den Verstellantrieb wirkt. Wenn ein gewisses, vorgeähltes Mass dieses Gegenmomentes unterschritten wird, wird die Hemmung, am besten selbsttätig ohne Steuereingriff, gelöst und der Antrieb der Verstellvorrichtung wird wirksam zur Verstellung des Nockenwellenwinkels in entsprechenden Schritten. Auf diese Weise kann der Antrieb entsprechend kleiner dimensioniert werden, womit es erst möglich wird eine solche Verstellvorrichtung mit einem elektromechanischen Antrieb wirtschaftlich und kompakt zu realisieren. Ausserdem wird, da nur die notwendige Verstellleistung aufgebracht werden muss und keine permanente Halteleistung, die Energiebilanz verbessert. In Figur 3 ist schematisch dargestellt, wie sich bei einer erfindungsgemässen Vorrichtung die Verstellmomente in verschiedenen Zeitbereichen verhalten, abhängig vom Verstellwinkel W in Grad der Kurbelwellenverstellung über der Zeit. Hierbei ist die Phase A der Bereich, in der das Moment der Nockenwelle kleiner ist als das durch den Versteller aufgebrachte Drehmoment und B, in der das Moment der Nockenwelle grösser ist als das durch den Versteller aufgebrachte Drehmoment. In der Phase B wird also gehemmt und der Antrieb muss während dieser Zeit kein zusätzliches Moment überwinden.

Die Hemmung wirkt also in der Phase B, wo ein zusätzliches Moment gegen die Drehrichtung der Welle auftritt und wird in diesem Zeitpunkt durch eine Hemmanordnung gegenüber dem Antrieb aufgefangen. Dies kann mit einer Hemmvorrichtung, welche als gesteuerte Sperranordnung ausgebildet ist, reali-

-10-

siert werden, beispielsweise hydraulisch wie mit einer Art ventilgesteuertem Flügelmotor und / oder mit einer elektromechanischen Einrichtung, einer Art Bremse, und /oder aber vorzugsweise mit einer elektromagnetischen Blockierung, welche besonders einfach zu realisieren und anzusteuern ist.

Noch einfacher ist aber die Hemmwirkung realisierbar, wenn die Übertragungsvorrichtung, beispielsweise ein Getriebe, oder der Antrieb selbst inhärent eine selbsthemmende Wirkung aufweist. Dies können beispielsweise hydraulische Systeme sein und / oder vorzugsweise mechanisch hemmende Anordnungen wie Freilaufgetriebeanordnungen. Als selbsthemmende Anordnung ist hierbei besonders eine Kreiskolbenanordnung nach dem Orbit-Prinzip geeignet, welche sowohl als unterstützender oelhydraulischer Direktantrieb gekoppelt mit einem gut steuerbaren elektromechanischen Antrieb kombiniert betrieben werden kann. Die hybride Antriebsausführung mit oelhydraulischer Unterstützung und mit elektromechanischem Antrieb ermöglicht die Nutzung einerseits des bei hohen Drehzahlen betriebenen Motoren ohnehin genügend vorhandenen oelhydraulischen Angebotes und andererseits die vor allem bei tieferen Drehzahlen, wo das hydraulische Angebot geringer ist, eine Übernahme durch den elektromechanischen Antrieb mit dem Vorteil der guten und präzisen Steuerbarkeit eines elektromotorischen Antriebes.

Der rein elektromechanische Antrieb mit Hilfe eines Elektromotoren alleine ohne hydraulischen Hybrid-Antrieb hat den Vorteil, dass die Stellvorrichtung noch besser und präziser mit modernen Steuermitteln wie Mikroprozessorsteuerungen gesteuert werden können. Es ist hier ohne weiteres möglich motorlast- und / oder drehzahlabhängige Algorithmen vorzusehen. Geeignete, elektromechanische Antriebseinheiten sind

-11-

hierbei Gleichstrommotoren, Schrittmotoren, Synchronmotoren oder insbesondere elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren. Der Umweg über ölhydraulische Steuerglieder (z.B. 4/3 - Wege - Proportionalventile), der zudem noch Totzeiten in sich birgt, ist beim elektrischen Antrieb nicht erforderlich.

Eine selbsthemmende Kraftübertragungseinrichtung gemäss der bevorzugten Kreiskolbenanordnung nach dem Orbit-Prinzip ist in Figur 1 im Querschnitt dargestellt. Der Stator 1 trägt wie bei Verbrennungsmotorsteuerungen üblich einen Zahnkranz oder einen Riemenkranz, wodurch dieser durch den Verbrennungsmotor angetrieben wird. Innerhalb dieses Stators 1 ist exzentrisch zur Nockenwelle 12 ein Kreiskolben 2 angeordnet, welcher durch ein Fluid im Fluidhockdruckraum 10 ventilgesteuert rotierend bewegt wird. Das Fluid wird im Niederdruckraumbereich 11 wieder zurückgeführt in den hydraulischen Kreislauf. Durch die Rotation des Kreiskolben 2 wird ein auf der Welle 12 angeordneter Ritzel 3, welcher als Antrieb dient, mitbewegt, womit die Welle 12 angetrieben wird. Diese Anordnung nach dem Orbit-Prinzip hat in bekannter Weise eine selbsthemmende Wirkung, wie dies durch die Kräftepaare F1 bis F5 in Figur 1 beispielsweise dargestellt ist. Dies bedeutet, dass der Kreiskolben 2 durch ein starkes Gegenmoment der Welle 12 nicht verdreht werden kann. Erfindungsgemäss wird nun ein elektromechanischer Antrieb direkt auf den Kreiskolben 2 eingekoppelt. Wie erwähnt kann hierbei der Antrieb vorzugsweise nur elektrisch erfolgen oder aber auch hybrid zusammen mit der Oelhydraulik betrieben werden.

In Figur 4 ist vergleichsweise der statische Verstellmoment m in Newtonmeter (Nm) dargestellt abhängig vom Oeldruck p in bar einer selbsthemmenden Kreiskolbenanordnung 0 im Ver-

-12-

gleich mit einer schrägverzahnten Wellenanordnung z gemäss Stand der Technik. Daraus ist ersichtlich, dass die selbsthemmende Anordnung ohne weiteres bis zu einem Faktor 5 geringeres Verstellmoment m benötigt. Dies zeigt, dass erst durch eine solche hemmende Verstellanordnung ein elektromechanischer Betrieb möglich ist mit den vorerwähnten Vorteilen. Die Figur 5 zeigt qualitativ die Verstellgeschwindigkeit v des Verstellwinkels in Grad pro Sekunde ($^{\circ}\text{KW/s}$) vergleichsweise abhängig vom Betriebsdruck p in bar vergleichsweise mit den beiden vorerwähnten Verstellantrieben. Auch daraus ist klar ersichtlich, dass die selbsthemmende Vorrichtung in Bezug auf Verstellgeschwindigkeiten ohne weiteres bis zu einem Faktor 2 bis 4 überlegen ist, was für ein präzises Motormanagement wichtig ist. Die Kombination dieser Vorteile zusätzlich mit dem elektromechanischen Antrieb führen zu einem weiter überlegenen Verhalten in Bezug auf präzises Motormanagement wegen der guten Ansteuerbarkeit, Kompattheit der Verstellvorrichtung.

Ein Ausführungsbeispiel einer elektromechanischen Antriebskopplung auf eine selbsthemmende Kreiskolbenanordnung ist in Figur 6 im Querschnitt und in Figur 7 dreidimensional dargestellt. Die Antriebswelle 9 wird von einem Elektromotor angetrieben, wobei die Antriebswelle 9 ein Eingriffszahnrad 6 antreibt, welches mit einem Übersetzungszahnrad 7 gekoppelt ist und im Eingriff steht mit einem Aussenkranz 4 mit Innenverzahnung, der die ganze Anordnung umschliesst. Diese Anordnung bildet insgesamt ein Antriebsgetriebe. Der Kreiskolben 2 weist im Aussenbereich bei seiner Verzahnung eine erhöhte Feinverzahnung 5 auf, in welche Transferzahnräder 8 eingreifen, welche peripher um den Kreiskolben 2 verteilt angeordnet sind und auf dem Stator 1 frei drehbar gelagert sind. Der Aussenzahnkranz, welcher durch das Elektromotoran-

-13-

triebsgetriebe 6, 7, 9 angetrieben wird, treibt wiederum diese Transferzahnräder an und überträgt dadurch die Kraft auf den Kreiskolben 2 in jeder Stellung. Das Einkoppeln einer elektromechanischen Antriebskraft zwischen Stator 1 und Kreiskolben 2 ermöglicht das Verdrehen des Kreiskolbens und somit der Welle 12 unter Nutzung der selbsthemmenden Wirkung der Kreiskolbenanordnung nach dem Orbit-Prinzip. Eine elektromechanische Einkopplung kann weiter vereinfacht realisiert werden durch Verwendung von magnetischen Koppelelementen wie mit Permanent- und / oder Elektromagneten, um den mechanischen Aufwand möglichst gering zu halten.

-14-

Patentansprüche

1. Verstellvorrichtung mit Antrieb zum Verstellen der Winkelstellung einer Welle mit Wechselbelast, insbesondere einer Nockenwelle (12), die von einer Antriebswelle, insbesondere einer Kurbelwelle, über eine Übertragungsvorrichtung mit mindestens einem auf einer Welle angebrachten Übertragungsrade (1) in Drehung versetzbare ist, wobei die Verstellvorrichtung, welche die Drehlage des Übertragungsrades (1) relativ zur Welle (12) bewirkt, eine in gegen die Drehrichtung wirkende Hemmvorrichtung umfasst dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung mit einem elektromechanischen Antrieb gekoppelt ist.
2. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Hemmvorrichtung eine gesteuerte Sperr-Anordnung ist wie eine hydraulische und / oder eine elektromechanische und / oder vorzugsweise eine elektromagnetische.
3. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Hemmvorrichtung eine selbsthemmende Vorrichtung ist, wie hydraulisch und / oder vorzugsweise mechanisch hemmend wie eine Freilaufgetriebeanordnung.
4. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1 oder 3 dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb eine Kreiskolbenanordnung nach dem Orbit-Prinzip ist und diese hydraulisch, vorzugsweise elektromechanisch oder hybrid, betreibbar ist.
5. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor des elektromechanischen Antriebes ein Gleichstrommotor, ein

-15-

Schrittmotor, ein Synchronmotor oder insbesondere ein elektronisch kommutierter Gleichstrommotor ist.

6. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass Steuermittel zur Motorlast und /oder -drehzahlabhängigen Ansteuerung des Elektromotors vorgesehen sind.
7. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass Steuermittel vorgesehen sind zur Optimierung des Leistungsverbrauchs der Verstelanordnung.
8. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass der eine hydraulische Antriebsteil des Kreiskolbenantriebes (1, 2, 3) mit der Hydraulikdruckerzeugungsvorrichtung eines Verbrennungsmotors wirkverbindbar ist.
9. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotorantrieb (9) auf einen Aussenzahnkranz (4) wirkt, welcher an der Peripherie des Kreiskolbens (2) angeordnete Transferzahnräder (8) antreibt, die mindestens partiell im Eingriff stehen mit einer Verzahnung an äusseren Zahnteilen des Kreiskolbens, um diesen in jeder Position antreiben zu können.
10. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel den Elektroantrieb drehzahlabhängig vom Verbrennungsmotor zuschaltet, insbesondere bei vorgegebenen tieferen Drehzahlen zuschaltet.

-16-

11. Verstellvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Elektromotorantriebsleistung $\leq 500W$ ist, vorzugsweise $\leq 200W$.

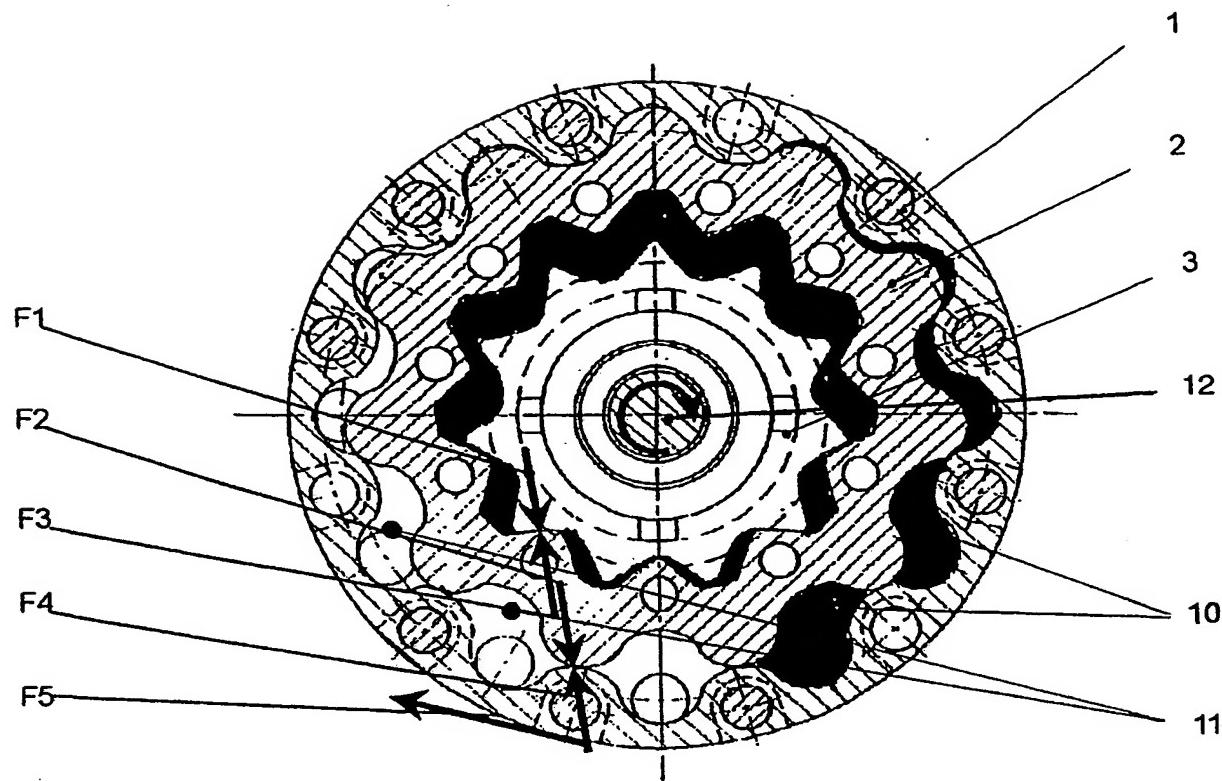


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

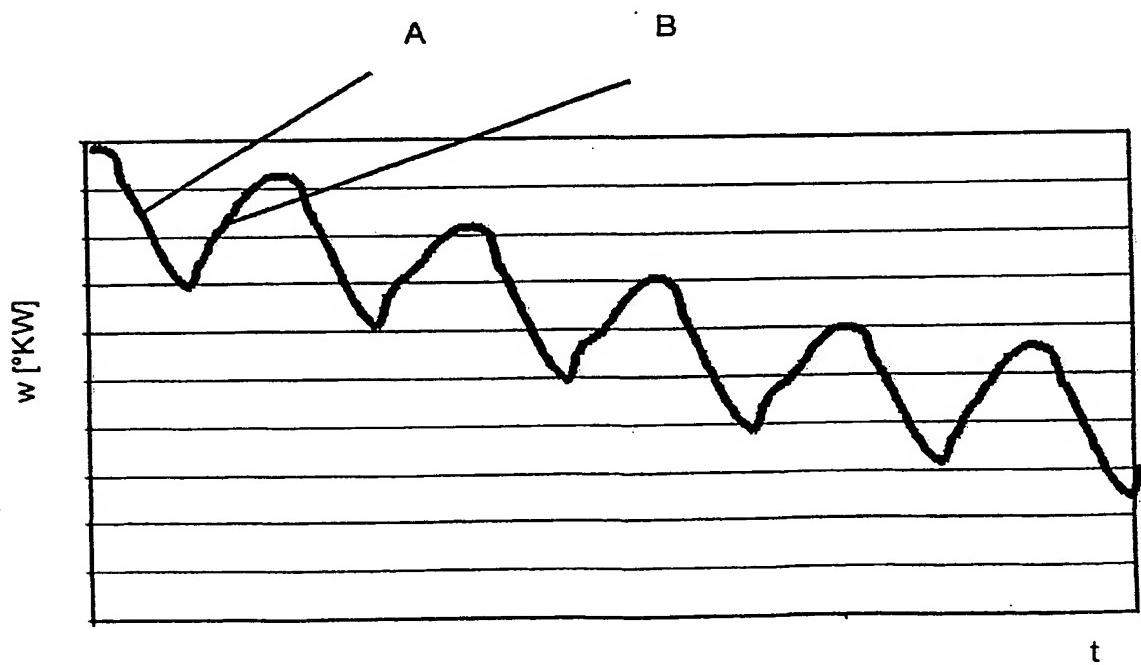
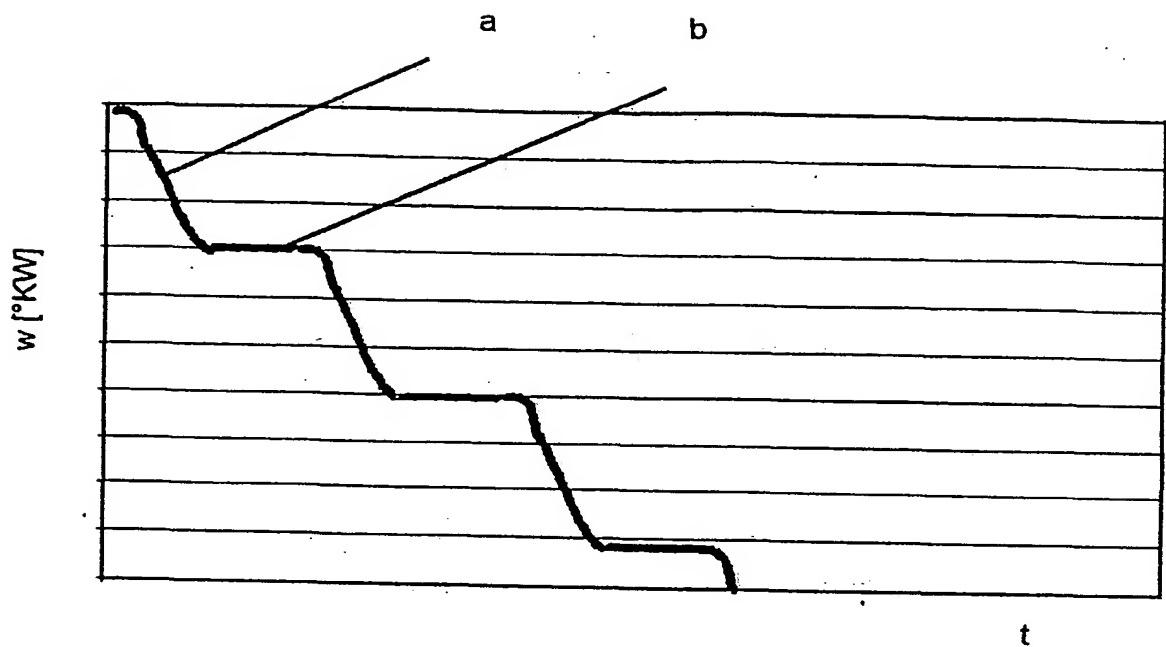
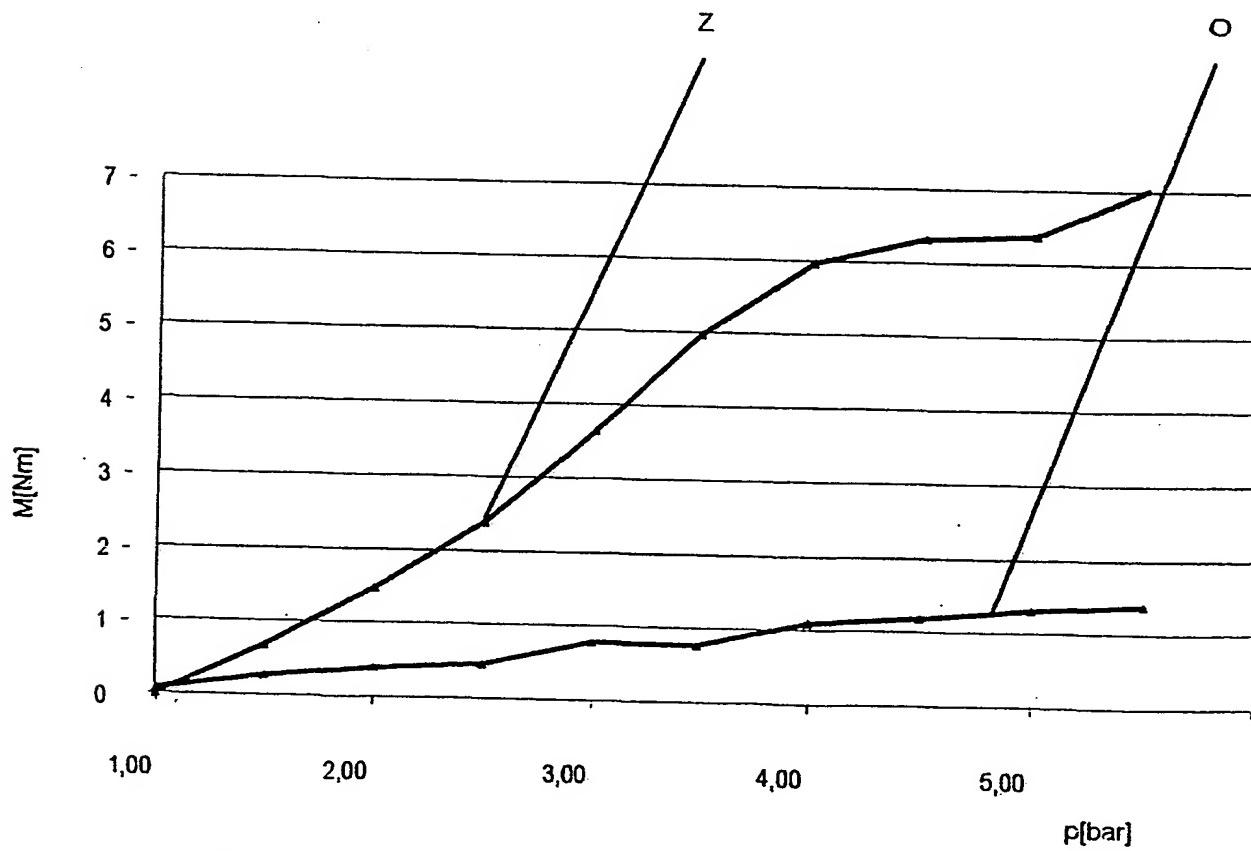
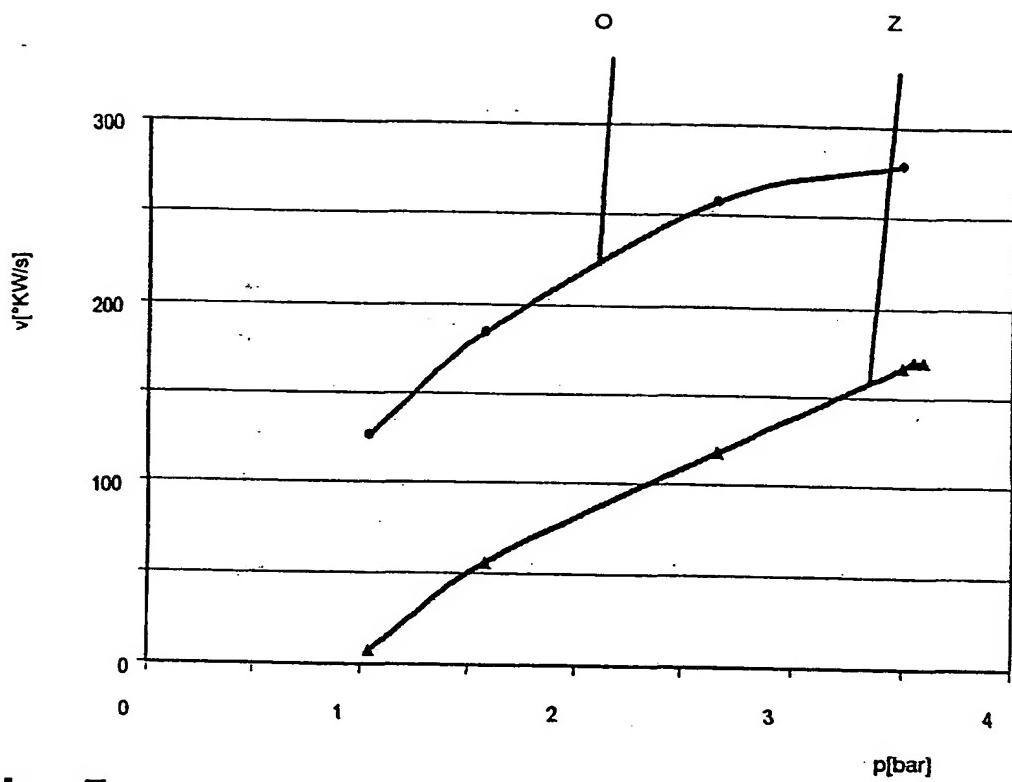
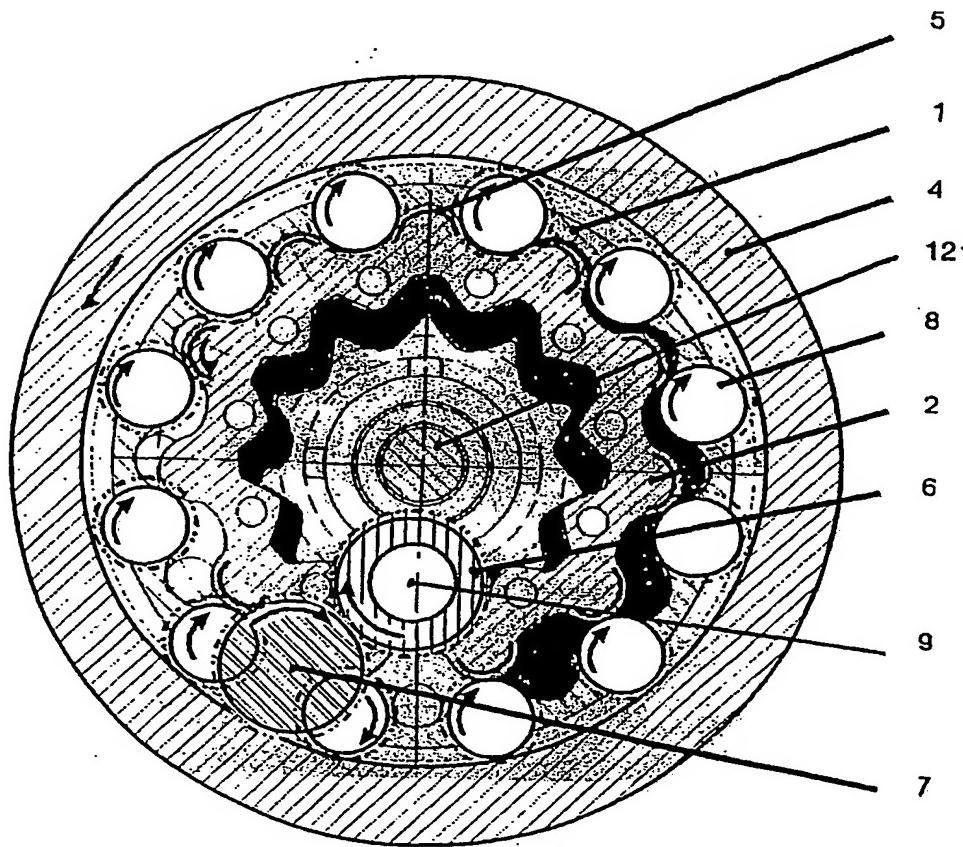


Fig. 2

**Fig. 3****Fig. 4**

**Fig. 5****Fig. 6**

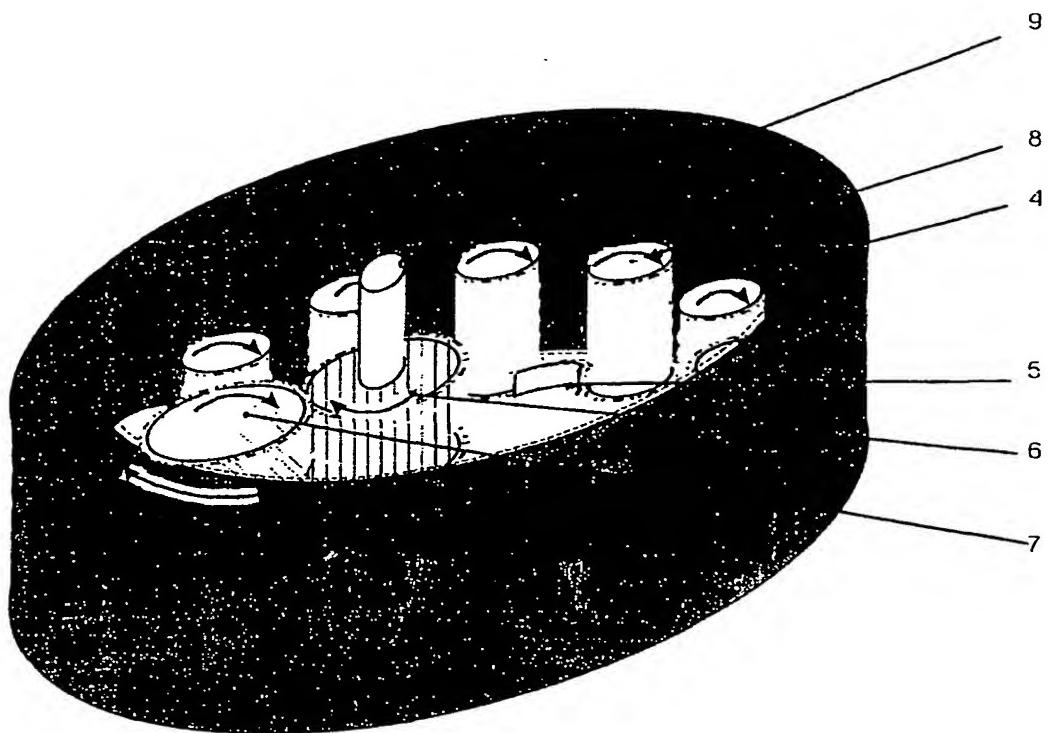


Fig. 7

REST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH 01/00272

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01L1/34	F01L1/344	F01L1/352
----------------	-----------	-----------

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01L	
------------	--

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 99 58821 A (TROCHOCENTRIC INTERNATIONAL AG) 18 November 1999 (1999-11-18) page 5, line 21 -page 7, line 11 page 8, line 24 -page 9, line 10 claims 1,6 figures	1-6,8-10
Y	EP 0 532 214 A (TOYOTA JIDOSHA KK) 17 March 1993 (1993-03-17) the whole document	1-6,8-10

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
1 August 2001	09/08/2001
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Klinger, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/CH 01/00272

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 9958821 A	18-11-1999		AU 7911398 A EP 1078148 A	29-11-1999 28-02-2001
EP 532214 A	17-03-1993		JP 2864869 B JP 5312011 A JP 2864870 B JP 5312012 A JP 5059915 A DE 69205933 D DE 69205933 T US 5293845 A	08-03-1999 22-11-1993 08-03-1999 22-11-1993 09-03-1993 14-12-1995 18-04-1996 15-03-1994

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 01/00272

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F01L1/34 F01L1/344 F01L1/352

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 99 58821 A (TROCHOCENTRIC INTERNATIONAL AG) 18. November 1999 (1999-11-18) Seite 5, Zeile 21 -Seite 7, Zeile 11 Seite 8, Zeile 24 -Seite 9, Zeile 10 Ansprüche 1,6 Abbildungen ----	1-6,8-10
Y	EP 0 532 214 A (TOYOTA JIDOSHA KK) 17. März 1993 (1993-03-17) das ganze Dokument -----	1-6,8-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
---	---

1. August 2001

09/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Klinger, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 01/00272

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9958821	A	18-11-1999		AU 7911398 A		29-11-1999
				EP 1078148 A		28-02-2001
EP 532214	A	17-03-1993		JP 2864869 B		08-03-1999
				JP 5312011 A		22-11-1993
				JP 2864870 B		08-03-1999
				JP 5312012 A		22-11-1993
				JP 5059915 A		09-03-1993
				DE 69205933 D		14-12-1995
				DE 69205933 T		18-04-1996
				US 5293845 A		15-03-1994